



AUSLEGESCHRIFT

1 219 283

Nummer: 1 219 283

Aktenzeichen: B 45852 I a/46 a2

Anmeldetag: 29. August 1957

Auslegetag: 16. Juni 1966

1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritzung und Verdichtungszündung, mit einem im Kolbenboden symmetrisch oder beinahe symmetrisch zur Zylinderachse angeordneten und im wesentlichen rotationskörperförmigen Brennraum, in welchem sich gegen Ende des Verdichtungshubes nahezu das gesamte angesaugte Luftvolumen befindet, das vorher in eine heftige Drehbewegung um die Brennraumachse versetzt wurde, und mit einer zu diesem Brennraum außermittig angeordneten Einspritzdüse, die den Kraftstoff in mindestens zwei Kraftstoffstrahlen von verschiedener freier Länge im wesentlichen in Richtung der in den Brennraum einströmenden Verbrennungsluft an verschiedenen heiße Wandstellen des Brennraumes spritzt, von denen der kürzeste Kraftstoffstrahl mit einem kleinen Anteil über den Rand der Brennraumwand gegen den Boden des Kolbens gespritzt wird, während der übrige, weitaus größere Teil dieses »Zündstrahles« noch gegen den unmittelbar neben dem Rand befindlichen Teil der Brennraumwand gerichtet ist, nach Patent 1 175 486.

Bei der oben kurz geschilderten Brennkraftmaschine nach dem Hauptpatent bildet der oben erwähnte kürzeste Kraftstoffstrahl den »Zündstrahl«, und während des Normalbetriebes des Motors erfolgt die Zündung stets mit geringem Zündverzug und an derselben Stelle des Brennraumes, nämlich an dem von dem Zündstrahl etwas überspritzten Brennraumrand, an dem der mechanisch abgespaltene Kraftstoffanteil eine der Einströmungsrichtung der Verbrennungsluft entgegengerichtete Ausbreitungskomponente erhält und auf eine Fläche sowohl hoher Temperatur als vor allem auch anderer Neigung auftrifft, als sie die Brennraumwand an der Stelle des Auftreffens des Strahlkernes aufweist. Dadurch kommt es an der Stelle des Überspritzens des Brennraumrandes nicht nur zu einer entsprechend schnellen Aufheizung des Kraftstoffes, sondern — unter dem Einfluß der Radialkomponente der Lufteinströmung in den Brennraum — auch zu einem Aufstauen dieses kleinen Kraftstoffanteils, d. h. zu einer Übersättigung der dort befindlichen Luft mit Kraftstoff, was zur erwünschten raschen Zündung an dieser ganz bestimmten gleichbleibenden Stelle führt.

Der Hauptanteil des Kraftstoffes des Zündstrahls sowie der Kraftstoff aus dem oder den weiteren Kraftstoffstrahlen ist ausschließlich gegen unterhalb des Brennraumrandes gelegene und im Betrieb kühlere Teile der Brennraumwand gerichtet; da die Einspritzrichtung im wesentlichen mit der Einströmungsrichtung der Verbrennungsluft zusammenfällt, wodurch

Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritzung und Verdichtungszündung

Zusatz zum Patent: 1 175 486

Anmelder:

Tatra, národní podnik,
Kopřivnice (Tschechoslowakei)

Vertreter:

Dipl.-Ing. R. Beetz und Dipl.-Ing. K. Lamprecht,
Patentanwälte, München 22, Steinsdorfstr. 10

Als Erfinder benannt:

Dipl.-Ing. Josef Böttger, Prag

Beanspruchte Priorität:

Tschechoslowakei vom 7. Mai 1957 (1676) --

2

die Kraftstoffaufbereitung zur anschließenden Verbrennung etwas verzögert wird, und da der in den Strahlen enthaltene Kraftstoff im Falle seines Auftreffens auf die Brennraumwand diese lediglich an kühleren Stellen berührt als der die Zündung auslösende Teil des Zündstrahls, kann die Selbstzündung des Kraftstoffes allein von dem kleinen Anteil des Zündstrahls ausgehen, der über den Rand der Brennraumwand gespritzt und dabei sehr fein zerstäubt wird. Von dieser örtlich festgelegten Zündstelle geht dann die Zündung mit einer durch die heftige Drehbewegung der Luft gesteigerten Flammenausbreitungsgeschwindigkeit auch auf den weiteren in den Brennraum eingespritzten und in die Luft verdampfenden Kraftstoff über, ohne daß ein störendes Klopfen auftritt.

Bei dem in der Zeichnung des Hauptpatents veranschaulichten Ausführungsbeispiel hat die im wesentlichen kreisförmige, eingezogene Brennraumöffnung einen einseitigen, an seinem einen Ende vom eingezogenen Brennraumrand nach außen vorspringenden Ausschnitt, dessen dem Brennrauminneren zugewandte Fläche zum anderen Ende des Ausschnitts hin im Sinne der schnellen Drehbewegung der beim Verdichtungshub in den Brennraum verdrängten Luft

mit stetiger Wölbung etwa tangential in die seitliche Brennraumwand übergeht. Dieser Ausschnitt wirkt als Führung für einen erheblichen Anteil der Verbrennungsluft. Die Einspritzdüse ist derart angeordnet, daß sie sich in der oberen Totpunktstellung des Kolbens im Bereich des nach außen vorspringenden Lufteinströmendes des Ausschnitts befindet; sie spritzt den Kraftstoff aus dem Kern des Zündstrahls auf die obere Randzone der Ausschnittsfläche auf und den Kraftstoff aus dem oder den weiteren Kraftstoffstrahlen größere Strahllänge etwa im Sinne der Luftströmung in Richtung auf weiter vom Brennraumrand entfernte Brennraumwandzonen, an denen die einströmende Luft entlanggleitet. Der dabei auf die Brennraumwand gelangte Kraftstoff breitet sich in tiefer unterhalb des Brennraumrandes liegende, kühlere Wandbereiche aus, womit das Verdampfen des Kraftstoffs in die über ihn hinwegstreichende Luft verzögert wird und seine Fähigkeit zum raschen Zünden abnimmt.

Beim Vollastbetrieb mit höheren Drehzahlen des Motors, bei dem größere Kraftstoffmengen auf die Brennraumwand gelangen, kann durch das Ausbreiten des Kraftstoffs in immer kühlere Brennraumwandzonen das Verdampfen des aufgespritzten Kraftstoffs und sein genügendes Durchmischen mit der Verbrennungsluft zu stark verzögert werden, was den Verbrennungswirkungsgrad verringert und die Rauchgrenze des Motors herabsetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritzung und Verdichtungszündung nach dem Hauptpatent, bei der die örtlich festgelegte, frühzeitige Zündung einen kloppfreien Betrieb gewährleistet, derart zu verbessern, daß auch die Verbrennung bei hohen Drehzahlen und großer Leistung mit gutem Wirkungsgrad und praktisch rauchfrei erfolgt.

Man hat bereits erkannt, daß bei einem Aufspritzen größerer Kraftstoffmengen auf die Brennraumwandung eine weitgehend rauchfreie Verbrennung des Kraftstoffs in wenig bewegter Verbrennungsluft nur dann einwandfrei zu erreichen ist, wenn der auf der Brennraumwand gelangte Kraftstoff sich von der Auftreffstelle nicht in kühlere, sondern im Gegenteil in wärmere Brennraumwandzonen ausbreitet, an denen das Abdampfen des Kraftstoffs und damit seine Vorbereitung für die Verbrennung beschleunigt wird. Eine derartige Verbesserung der Verbrennung wird auch bei der Brennkraftmaschine nach dem Hauptpatent angestrebt.

Nun ist die Temperatur der Brennraumwand im wesentlichen von der Richtung und Geschwindigkeit sowie von der Temperatur der an ihr vorbeiströmenden heißen Verbrennungsgase sowie der wesentlich kühleren Verbrennungsluft abhängig, die in den Brennraum einströmt; weiterhin spielt die Wärmeableitung von der Brennraumwand in das den Brennraum umgebende Material des Kolbens eine Rolle. Sowohl die Richtung und die Geschwindigkeit der Strömung der Verbrennungsluft sowie der Verbrennungsgase als auch die Wärmeableitung von den Brennraumwandungen lassen sich in gewissem Umfang durch die Formgebung des Brennraumes beeinflussen.

Die stärkste Kühlwirkung der in den Brennraum einströmenden Verbrennungsluft ergibt sich erfahrungsgemäß dort, wo diese Luft mit hoher Geschwindigkeit an der Brennraumwand entlangströmt, wo-

gegen die Kühlwirkung an Stellen einer abgelösten Luftströmung wesentlich geringer ist. Ein durch bekannte Mittel, beispielsweise Schirme an den Ansaugventilen, tangentiale Einströmkanäle und dergleichen erzeugtes heftiges Kreisen der in den Zylinderraum einströmenden Verbrennungsluft begünstigt das »Anlegen« der Luftströmung an die Seitenwandung des Brennraumes und damit die Kühlung dieser Wand, insbesondere dort, wo für das Einspritzen des Kraftstoffs eine Ausnehmung am Brennraumrand vorgesehen ist, die stetig im Sinne der Luftströmung in die seitliche Brennraumwand übergeht und eine Führung für einen verhältnismäßig großen Anteil der in den Brennraum einströmenden Luft bildet. Diese Kühlwirkung der einströmenden Verbrennungsluft wird bei der Brennkraftmaschine nach dem Hauptpatent bereits ausgenutzt, indem der Kraftstoff im wesentlichen an solchen Stellen auf die Brennraumwand gespritzt wird, an denen durch die Eintrittsströmung der Verbrennungsluft eine Kühlung der Brennraumwand erfolgt; der dort aufgespritzte Kraftstoff breitet sich aber auch zunehmend in die Tiefe des Brennraumes aus, wo im allgemeinen die Wandtemperatur stark abnimmt.

Die zu lösende Aufgabe besteht also darin, bei einer Brennkraftmaschine nach dem Hauptpatent durch eine neuartige Gestaltung des Brennraumes, insbesondere seines oberen Teils und entsprechende Wahl der Auftreffstellen der Kraftstoffstrahlen zu erreichen, daß insbesondere beim Aufspritzen größerer Kraftstoffmengen auf die Brennraumwand der aufgespritzte Kraftstoff sich in Brennraumwandbereiche ausbreitet, deren Temperatur höher ist als die Temperatur an der Auftreffstelle des Kraftstoffes.

Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritzung und Verdichtungszündung, mit einem im Kolbenboden symmetrisch oder beinahe symmetrisch zur Zylinderachse angeordneten und im wesentlichen rotationskörperförmigen Brennraum, in welchem sich gegen Ende des Verdichtungshubes nahezu das gesamte angesaugte Luftvolumen befindet, das vorher in eine heftige Drehbewegung um die Brennraumachse versetzt wurde, und mit einer zu diesem Brennraum außermittig angeordneten Einspritzdüse, die den Kraftstoff in mindestens zwei Kraftstoffstrahlen von verschiedener freier Länge im wesentlichen in Richtung der in den Brennraum einströmenden Verbrennungsluft an verschieden heiße Wandstellen des Brennraumes spritzt, von denen der kürzeste Kraftstoffstrahl mit einem kleinen Anteil über den Rand der Brennraumwand gegen den Boden des Kolbens gespritzt wird, während der übrige, weitaus größere Teil dieses »Zündstrahles« noch gegen den unmittelbar neben dem Rand befindlichen Teil der Brennraumwand gerichtet ist, nach dem Hauptpatent 1 175 486, ist im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsöffnung vom Brennraum zum Zylinderraum am Kolbenboden von zwei gegenseitig symmetrisch zur Brennraumachse versetzten Halbkreisbogen begrenzt ist, wobei die von den beiden Halbkreisbogen in den nach dem Brennraumboden zu gelegenen Brennraumunterteil führenden Seitenwände des Brennraumes mit dem benachbarten Kolbenboden je einen Winkel einschließen, der sich von einem Wert größer als 90° an den gegenüber dem Brennraum außen liegenden Enden der Halbkreisbogen im Drehsinn der kreisenden einströmen-

den Verbrennungsluft stetig bis zu einem Wert kleiner als 90° an den in bezug auf den Brennraum innenliegenden Enden der Halbkreisbogen verkleinert, und daß der Mantelanteil des Zündstrahls den Brennraumrand in dem im Sinne der Luftströmung noch etwas vor der Mitte liegenden Abschnitt eines der Halbkreisbogen überspritzt, während der Kraftstoff des bzw. der weiteren Kraftstoffstrahlen etwa unterhalb des mittleren Bereiches des Halbkreisbogens auf den oberen Teil der Brennraum-Seitenwand auftrifft.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Brennraumöffnung ergibt sich eine Einströmung der Verbrennungsluft in den Brennraum, die entlang dem außenliegenden vorderen Teil der beiden Halbkreisbogen annähernd parallel zu diesen Bogen verläuft und dort infolgedessen in an sich bekannter Weise eine Kühlung der Brennraumwand bewirkt, während die Luft zum weiter innenliegenden Ende jedes der Halbkreisbogen hin eine zunehmend größere radiale Einströmungskomponente erhält, schließlich an den inneren Enden der Halbkreisbogen etwa radial nach innen in den Brennraum hineinströmt und sich dabei dort sowie an der etwa radial nach außen gerichteten Verbindungskante zum folgenden Halbkreisbogen unter Wirbelbildung von der oberen Kante der Brennraumwand ablöst, so daß an dieser gegenüber dem anschließenden zweiten Halbkreisbogen zum Brennrauminneren vorspringenden Stelle eine wesentlich geringere Kühlung der Brennraumwand erfolgt.

Andererseits strömen aber die heißen Verbrennungsgase, die beim Expansionshub in spiralig kreisender, turbulenter Bewegung aus dem Brennraum austreten, an der in das Brennrauminnere hineinragenden Verschneidungskante zwischen dem oberen Teil der eingezogenen Brennraumwand und dem anschließenden zweiten Halbkreisbogenausschnitt mit hoher Geschwindigkeit vorbei, so daß sie diesen Bereich der Brennraumwand stark erhitzen, in dem die Wärmeableitung von der Verschneidungskante in das Material des Kolbens geringer ist als an der Brennraumwand mit gleichmäßiger stetiger Krümmung. Infolgedessen ergeben sich an der Brennraumwand unterhalb des in Strömungsrichtung der Luft hinteren Teiles jedes der beiden Ausschnitte die angestrebten höheren Brennraumwandtemperaturen. Der unterhalb des oberen Brennraumrandes etwa im mittleren Bereich eines der beiden halbkreisförmigen Ausschnitte auf die Brennraumwand gelangende Kraftstoff kann sich infolgedessen nur in zunehmend wärmere Brennraumwandbereiche ausbreiten; seine Verdampfung wird dadurch beschleunigt und die Verbrennung erfolgt unter günstigen Verbrennungsbedingungen.

Bei bekannten Brennkraftmaschinen mit direkter Krafteinspritzung und Verdichtungszündung, bei denen der Kraftstoff ebenfalls durch eine von einem Ausschnitt des Brennraumrandes gebildete seitliche Ausnehmung unterhalb des oberen Brennraumrandes auf die Brennraumwand aufgespritzt wird, ist die Einspritzrichtung des Kraftstoffs derart flach zur Brennraumwand, daß der Kraftstoff erst im hinteren Bereich des Ausschnittes unterhalb des Einspritzungsbereiches des Brennraumrandes auf die Brennraumwand gelangt, wo die seitliche Brennraumwand etwa die höchste Temperatur hat; die an die Aufspritzstellen anschließenden Brennraumwandbereiche haben keine höheren Temperaturen als die Aufspritzstellen. Selbst durch Anordnung eines sich an die

»Einspritzausnehmung« in Umfangsrichtung anschließenden Brennraumrandausschnittes für das Ausströmen der Verbrennungsgase wird die Temperaturverteilung an der seitlichen Brennraumwand nicht wesentlich beeinflusst. Eine Temperaturzunahme der Brennraumwand in demjenigen Bereich, in den sich der aufgespritzte Kraftstoff ausbreiten kann und die bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in der Größenordnung von etwa 50° liegt, läßt sich mit den bekannten Anordnungen von Ein- und Ausströmungsausschnitten am Brennraumrand keinesfalls erzielen.

Es kommt noch hinzu, daß bei allen Brennkraftmaschinen mit einseitigen Lufteinströmungsausschnitten am oberen Brennraumrand infolge der starken einseitigen Einströmung die Achse des sich in dem Brennraum ausbildenden starken Strömungswirbels nach der dem Ausschnitt etwa gegenüberliegenden Brennraumwand verschoben und damit die Wirbelströmung unsymmetrisch wird, was eine Abnahme der Wirbelintensität zur Folge hat. Wenn noch ein »Ausströmungsausschnitt« für die Verbrennungsgase vorgesehen ist, wird die Wirbelströmung zusätzlich gestört.

Bei der erfindungsgemäßen Brennraumbauform bleibt die Wirbelachse in der Brennraummitte; dadurch wird die bereits in der Beschreibung des Hauptpatents erwähnte Zündung beim Kaltstart durch einen feinerstäubten Randanteil des längsten Kraftstoffstrahls in der zentralen »toten« Wirbelzone hoher Verdichtungstemperatur begünstigt, die stets dann — natürlich mit entsprechender zeitlicher Verzögerung — auftritt, wenn wegen der niedrigen Temperatur des Kolbens an der Überspritzstelle des Zündstrahls sich dort noch keine Zündung einstellt.

Mit der bereits erwähnten Anordnung der Einspritzdüse, die in der oberen Totpunktstellung des Kolbens im Bereich des radial nach außen vorspringenden Endes eines Halbkreisbogens liegt, läßt sich beim Einspritzen des Kraftstoffes für den Zündstrahl eine für die Erzielung einer ausreichenden Randablösung genügend große Strahllänge erzielen, was für die Abspaltung des die Zündung auslösenden Randanteils an der oberen Ausschnittkante und das Auftreffen des Zündstrahlkerns auf einen kühleren, dicht unterhalb der Ausschnittkante gelegenen Wandteil des Brennraumes vorteilhaft ist. Die Auftreffstellen des oder der längeren Kraftstoffstrahlen auf die Brennraumwand können in an sich bekannter Weise durch Ölkühlung, insbesondere Spritzölkühlung, von der Unterseite des Kolbens her gekühlt werden; die Temperatur der Brennraumwand im Bereich der Kraftstoffaufspritzung kann auch bei stark wechselnder Belastung des Motors durch Regelung der Ölkühlung innerhalb des für den jeweils verwendeten Kraftstoff günstigsten Temperaturbereich gehalten werden. Für eine solche örtlich begrenzte Spritzölkühlung erweist es sich als vorteilhaft, wenn die die Brennraumachse und die beiden Mittelpunkte der gegeneinander versetzten Halbkreisbogen in sich aufnehmende Ebene mit der die Kolbenbolzenachse in sich aufnehmenden Axialebene des Brennraumes einen von 90° abweichenden Winkel, vorzugsweise einen Winkel von etwa 45° , einschließt. Bei einer solchen Gestaltung des Kolbens liegen die mittleren Bereiche der beiden Ausschnitthalbkreisbogen stets so weit seitlich von der Kolbenbolzenachse entfernt, daß die ihnen ent-

sprechenden Stellen auf der Unterseite des Kolbens durch das eingespritzte Kühlöl leicht erreicht werden können. Die Ölkühlung kann verbessert werden, wenn die Unterseite des Kolbenbodens im Bereich der Auftreffstellen der Kraftstoffstrahlen auf die Brennraumwand mit Kühlrippen versehen wird, die sich zwischen der Brennraumwand und dem Kolbenmantel im Bereich der Verdichtungsringe vorteilhaft radial nach außen erstrecken, wobei ein fächerartiger Kühlölstrahl von unten gegen die Kühlrippen bzw. die Kolbenunterseite in dem erwähnten Auftreffbereich des Kraftstoffes gerichtet wird.

Dabei kann durch die Ausführung des Kolbens mit den Kühlrippen bei entsprechend tiefer Ausbildung der Taschen zwischen den Kühlrippen Kolbenmaterial eingespart und das Kolbengewicht ohne Gefahr für die Festigkeit des Kolbenbodens verringert werden, was besonders bei modernen kurzhubigen Brennkraftmaschinen vorteilhaft ist, bei denen sich das Verhältnis von Hub zu Bohrung dem Wert 1 nähert.

In der Zeichnung ist die Erfindung beispielsweise veranschaulicht; es zeigt

Fig. 1 einen erfindungsgemäß gestalteten Brennraum in einem Längsschnitt nach der Linie I-I der Fig. 2,

Fig. 2 den Brennraum gemäß Fig. 1 in einer Ansicht von oben,

Fig. 3 einen mit einem Brennraum gemäß den Fig. 1 und 2 versehenen und in einem Zylinder eingebauten Kolben in einer Ansicht von oben (diese Figur veranschaulicht zugleich die kreisende Einströmung der Verbrennungsluft in den Brennraum),

Fig. 4 den Kolben gemäß Fig. 3 in einem Längsschnitt nach der Linie III-III der Fig. 5,

Fig. 5 den Kolben gemäß Fig. 4 in einer Ansicht von oben, aus der zugleich die Ausbildung der Unterseite des Kolbenbodens zu erkennen ist.

Der dem dargestellten Ausführungsbeispiel entsprechende Brennraum führt mittels seiner Seitenwandung 1 ohne Hals — oder eines sonstigen besonders abgesetzten Überganges — unmittelbar bis zum Kolbenboden 2. Der Brennraum selbst ist als Toroid mit einer unteren zentralen Kuppe ausgebildet, könnte jedoch statt dessen auch (wie es in Fig. 1 gestrichelt angedeutet ist) die Form eines Ellipsoides aufweisen. Die obere Öffnung des Brennraumes ist von zwei gegenseitig symmetrisch zur Brennraumachse versetzten Halbkreisbogen 3, 3' begrenzt, deren am weitesten nach der Mitte des Brennraumes zu gelegene Enden Kanten 4, 4' bilden und deren am weitesten außerhalb der Mitte des Brennraumes gelegene Enden 5, 5' in einer verhältnismäßig scharfen Krümmung mit den jeweils benachbarten Kanten 4' bzw. 4 des anderen Halbkreisbogens verbunden sind. Die Mittelpunkte 6, 6' der beiden Halbkreisbogen 3 und 3' sind gegenüber der Längsachse 7 des Brennraumes gegenüberliegend jeweils um die Exzentrizität $\frac{e}{2}$ versetzt, so daß sich ein Gesamtabstand der beiden Mittelpunkte 6 und 6' von e ergibt. Der Radius jedes Halbkreisbogens 3 bzw. 3' beträgt bei dem Ausführungsbeispiel $\frac{D_k}{2}$, d. h. die Hälfte des größten Durchmessers D_k des eigentlichen Brennraumes.

Gemäß Fig. 1 wird der vom oberen Rand des Brennraumes ausgehende Teil der Seitenwandung 1 durch an den eigentlichen Brennraum jeweils inner-

halb radialer Ebenen gelegte Tangenten gebildet, die zugleich durch den dortigen Punkt des oberen Brennraumrandes verlaufen. Durch diese Konstruktion ändert sich der zwischen der Seitenwand 1 und dem Kolbenboden 2 außerhalb des Brennraumes eingeschlossene Winkel (α) von einem Wert α' größer als 90° an den gegenüber dem Brennraum außenliegenden Enden 5, 5' der Halbkreisbogen 3, 3' entlang den Kreisbogen stetig bis zu einem Wert α'' kleiner als 90° an den in bezug auf den Brennraum innenliegenden Enden bzw. Kanten 4, 4' der Halbkreisbogen 3, 3'.

Wie aus Fig. 3 hervorgeht, ist die Anordnung der Halbkreisbogen 3, 3' derart auf die kreisende Bewegung der einströmenden Verbrennungsluft abgestimmt, daß die Halbkreisbogen sich dem spiralförmigen Verlauf der Einströmung bzw. dem Verlauf der hierbei gebildeten Stromlinien 8 bestmöglich anpassen. Die Stromlinien 8 der — im Zylinderraum zunächst über dem Kolben kreisenden — Luft verlaufen an den äußeren Enden 5, 5' der beiden Halbkreisbogen 3, 3' etwa entlang dem Kreisbogen und damit auch entlang dem dortigen Teil der Seitenwandung 1 des Brennraumes, während sie nach den jeweils anderen, innenliegenden Enden (Kanten 4, 4') der Kreisbogen hin eine zunehmende stärker werdende Radialkomponente aufweisen und dementsprechend zunehmend quer zu den Halbkreisbogen von außen radial nach innen verlaufen. Da an diesen Stellen die Seitenwandung 1 vom oberen Rand der Brennraumöffnung aus zugleich unter Bildung des spitzen Winkels α'' (vgl. Fig. 1) ausgeht, löst sich die dort in den Brennraum einströmende Luftströmung am oberen Rand der Brennraumöffnung ab. Die Temperaturen der Brennraumwandung 1 liegen demnach an den äußeren Enden 5, 5' der Halbkreisbogen 3, 3' verhältnismäßig niedrig und steigen entlang den Halbkreisbogen stetig zunehmend bis auf einen wesentlich höheren Wert an der Stelle der Kanten 4, 4' an.

Aus den Fig. 4 und 5 ist die Lage der Einspritzdüse 9 ersichtlich, die sich im Bereich des äußeren Endes 5' des einen Halbkreisbogens 3' und — nach dem Ausführungsbeispiel — mit ihrer Düsenöffnung innerhalb der durch die beiden Kreisbogen-Mittelpunkte 6, 6' verlaufenden axialen Ebene des Brennraumes befindet. Die Einspritzdüse 9 kann im (nicht dargestellten) Zylinderkopf der Brennkraftmaschine in einer beliebigen Lage gehalten sein. Bei in seiner oberen Totpunktlage befindlichem Kolben liegt die Düsenöffnung in unmittelbarer Nähe des dortigen Randes der Brennraumöffnung, wobei die Kraftstoffstrahlen I und II von der Düse 9 etwa in Umfangsrichtung der Brennraumöffnung und zugleich etwa in Strömungsrichtung der dort kreisend einströmenden Verbrennungsluft ausgehen. Beide Kraftstoffstrahlen I und II treffen mit ihren Strahlkernen in üblicher Weise auf die Brennraumwand 1 knapp unterhalb des oberen Brennraumrandes auf, wobei der Strahl II, der bereits nach einem kürzeren Strahlweg verhältnismäßig steil gegen die Seitenwandung 1 auftritt, mit einem sehr kleinen Anteil über den oberen Rand der Brennraumöffnung gelangt. Der andere Strahl (I) mit wesentlich längerer freier Strahllänge trifft mit seinem Strahlkern etwa im mittleren Bereich des dortigen Halbkreisbogens 3' unterhalb des Brennraumrandes auf die dortige Seitenwandung.

Fig. 5 zeigt weiterhin, daß die die beiden Mittelpunkte 6, 6' in sich aufnehmende Axialebene des Brennraumes gegenüber der die Kolbenbolzenachse in sich aufnehmenden Axialebene des Brennraumes bzw. Kolbens im Drehsinn der kreisend einströmenden Verbrennungsluft um einen Winkel β von 45° versetzt ist. Durch diese Lage der die Mittelpunkte 6, 6' der beiden Halbkreisbogen enthaltenden Axialebene gelangt der die Auftreffstellen der Kraftstoffstrahlen I, II enthaltende Teil der Seitenwandung 1 des Brennraumes in den zwischen den beiden Kolbenbolzenaugen 10 und zugleich seitlich des (nicht dargestellten) Kolbenbolzens befindlichen Bereich des Kolbens, wo auf der Unterseite des Kolbenbodens 2 zwischen dem Brennraum und den (ebenfalls nicht dargestellten) Verdichtungsringen radial nach außen gerichtete Rippen 11 angeordnet sind. Gegen diese Rippen 11, die — wie in Fig. 4 gestrichelt angedeutet ist — auch am gegenüberliegenden Teil der Kolbenbodenunterseite angebracht sein könnten, wird beim Betrieb der Brennkraftmaschine ein fächerförmiger Kühlölstrahl 12 gespritzt. Die Stärke dieses Kühlölstrahles läßt sich durch eine außerhalb des Kolbens befindliche (nicht dargestellte) Drosselvorrichtung, die z. B. aus einer in dem vom Ölkreislauf der Brennkraftmaschine getrennten Kühlölkreislauf befindlichen Drosselklappe einem Drosselventil oder einem Drosselschieber bestehen könnte, regeln, damit die günstigste Temperatur des Kolbenbodens 2 an den Auftreffstellen des Kraftstoffes auch während des Betriebes leicht einreguliert werden kann.

Die in Fig. 4 gestrichelt angedeutete Anordnung der weiteren Kühlrippen verursacht bei entsprechend ausgeführten Kolben zwar eine gewisse Gewichtszunahme, bringt demgegenüber aber den Vorteil mit sich, daß beim Einbau des Kolbens nicht mehr darauf geachtet werden muß, daß sich die Kühlrippen 11 auch tatsächlich an der Stelle der über dem Kolben befindlichen Einspritzdüse 9 befinden.

Zu der erfindungsgemäßen Kolbenform ist noch zu bemerken, daß sich eine solche Brennraumform zur maschinellen Bearbeitung nicht eignet. Andererseits läßt sich aber bei dem heutigen Stande der Gießereitechnik ein genügend genaues und sauberes Gießen des Kolbens mit dem erfindungsgemäßen Brennraum in einer Kokille ohne jede Schwierigkeit erzielen. Für einen solchen Kokillenguß eignet sich die Brennraumform — trotz der Notwendigkeit zweier Kerne — recht gut, so daß solche im Kokillenguß hergestellten Kolben wesentlich billiger ausfallen als Kolben mit einem in bisher üblicher Weise maschinell bearbeiteten Brennraum. Sollten bei den im Kokillenguß hergestellten Kolben kleine Unebenheiten an der Brennraumwandung im Bereich der Auftreffstellen des Kraftstoffes auftreten, so sind diese der einwandfreien Ausbreitung, Zerstäubung und Verdampfung des auftreffenden Kraftstoffes keineswegs abträglich, weil sie die Zerstäubung und Durchmischung des aufgespritzten Kraftstoffes mit der einströmenden Verbrennungsluft sogar begünstigen.

Die Erfindung ist nicht an die konstruktiven Einzelheiten des Ausführungsbeispiels gebunden. So braucht z. B. der Radius der Halbkreisbogen 3, 3' nicht genau dem größten Halbmesser des Brennraumes zu gleichen. Der Radius der Halbkreisbogen könnte vielmehr auch größer oder kleiner als der ge-

nannte Durchmesser sein. Ebenso braucht der Winkel β zwischen der die beiden Mittelpunkte 6, 6' enthaltenden Axialebene und der die Kolbenbolzenachse enthaltenden Axialebene nicht gerade 45° zu sein, obgleich ein solcher Winkel wegen der sich daraus ergebenden günstigen Kühlmöglichkeit für die Kolbenunterseite an der Auftreffstelle der Kraftstoffstrahlen bevorzugt wird. Dagegen soll dieser Winkel β zumindest größer als 0 und kleiner als 90° sein.

Patentansprüche:

1. Brennkraftmaschine mit direkter Kraftstoffeinspritzung und Verdichtungszündung, mit einem im Kolbenboden symmetrisch oder beinahe symmetrisch zur Zylinderachse angeordneten und im wesentlichen rotationskörperförmigen Brennraum, in welchem sich gegen Ende des Verdichtungshubes nahezu das gesamte angesaugte Luftvolumen befindet, das vorher in eine heftige Drehbewegung um die Brennraumachse versetzt wurde, und mit einer zu diesem Brennraum außermittig angeordneten Einspritzdüse, die den Kraftstoff in mindestens zwei Kraftstoffstrahlen von verschiedener freier Länge im wesentlichen in Richtung der in den Brennraum einströmenden Verbrennungsluft an verschiedenen heißen Wandstellen des Brennraumes spritzt, von denen der kürzeste Kraftstoffstrahl mit einem kleinen Anteil über den Rand der Brennraumwand gegen den Boden des Kolbens gespritzt wird, während der übrige, weitaus größere Teil dieses »Zündstrahles« noch gegen den unmittelbar neben dem Rand befindlichen Teil der Brennraumwand gerichtet ist, nach Patent 1 175 486, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsöffnung vom Brennraum zum Zylinderraum am Kolbenboden (2) von zwei gegenseitig symmetrisch zur Brennraumachse (7) versetzten Halbkreisbogen (3, 3') begrenzt ist, wobei die von den beiden Halbkreisbogen (3, 3') in den nach dem Brennraumboden zu gelegenen Brennraumunterteil führenden Seitenwände (1) des Brennraumes mit dem benachbarten Kolbenboden je einen Winkel (α) einschließen, der sich von einem Wert (α') größer als 90° an den gegenüber dem Brennraum außenliegenden Enden (5, 5') der Halbkreisbogen (3, 3') im Drehsinn der kreisend einströmenden Verbrennungsluft stetig bis zu einem Wert (α'') kleiner als 90° an den in bezug auf den Brennraum innenliegenden Enden (4, 4') der Halbkreisbogen (3, 3') verkleinert, und daß der Mantelanteil des Zündstrahls (II) den Brennraumrand in dem im Sinne der Luftströmung noch etwas vor der Mitte liegenden Abschnitt eines der Halbkreisbogen überspritzt, während der Kraftstoff des bzw. der weiteren Kraftstoffstrahlen (I) etwa unterhalb des mittleren Bereiches des Halbkreisbogens auf den oberen Teil der Brennraum-Seitenwand (1) auftrifft.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzdüse (9) an einer Stelle liegt, die sich bei in seiner oberen Totpunktlage befindlichem Kolben im Bereich des äußeren Endes (5') eines (3') der beiden Halbkreisbogen (3, 3') befindet, und ihre Kraftstoffstrahlen (I, II) im wesentlichen nach dem

11

mittleren Bereich des Halbkreisbogens (3') gerichtet sind.

3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennrachse (7) und die Mittelpunkte (6, 6') der beiden Halbkreisbogen (3, 3') in sich aufnehmende Ebene mit der die Brennrachse (7) und die Kolbenbolzenachse in sich aufnehmenden Ebene einen Winkel (β) größer als 0 und kleiner als 90° einschließt.

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (β) von der die Brennrachse (7) und die Mittelpunkte (6, 6') der beiden Halbkreisbogen (3, 3') aufnehmenden Ebene aus, entgegen dem Drehsinn der kreisend einströmenden Verbrennungsluft gemessen, einen Wert von etwa 45° aufweist.

5. Brennkraftmaschine nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolbenboden (2) an seiner Unterseite zumindest im Bereich der Auftreffstelle der Kraftstoffstrahlen (I, II) auf die Brennrachswand (1) mit Kühlrippen (11) versehen ist, die für eine an sich be-

12

kannte Ölkühlung vom Kurbelraum der Brennkraftmaschine her bestimmt sind.

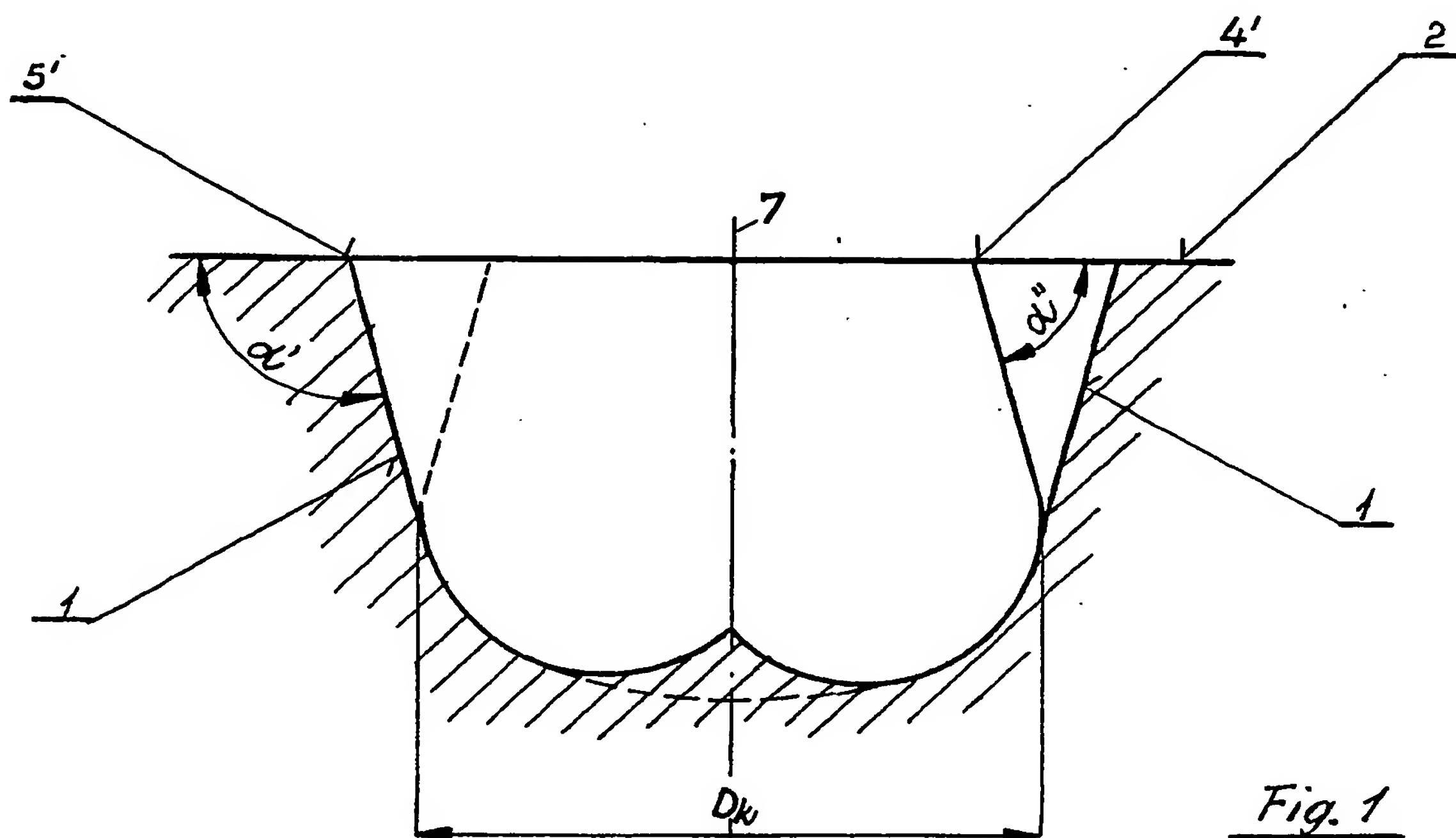
6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlrippen (11) sich zwischen dem Brennrachsboden und dem Kolbenmantel im Bereich der Verdichtungsringe radial nach außen erstrecken.

7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ölkühlung der Unterseite des Kolbenbodens ein fächerartiger Kühlölstrahl dient und die Menge des Kühlöls regelbar ist.

In Betracht gezogene Druckschriften:

Deutsche Patentschrift Nr. 804 048;
deutsche Patentanmeldung K 16079 Ia/46 a² (bekanntgemacht am 29. 9. 1955);
deutsche Auslegeschrift M 23017 Ia/46 c⁴ (bekanntgemacht am 9. 5. 1956);
französische Patentschriften Nr. 65 833, Zusatz zu Nr. 1 067 634, 1 127 202;
USA.-Patentschrift Nr. 2 762 347.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen



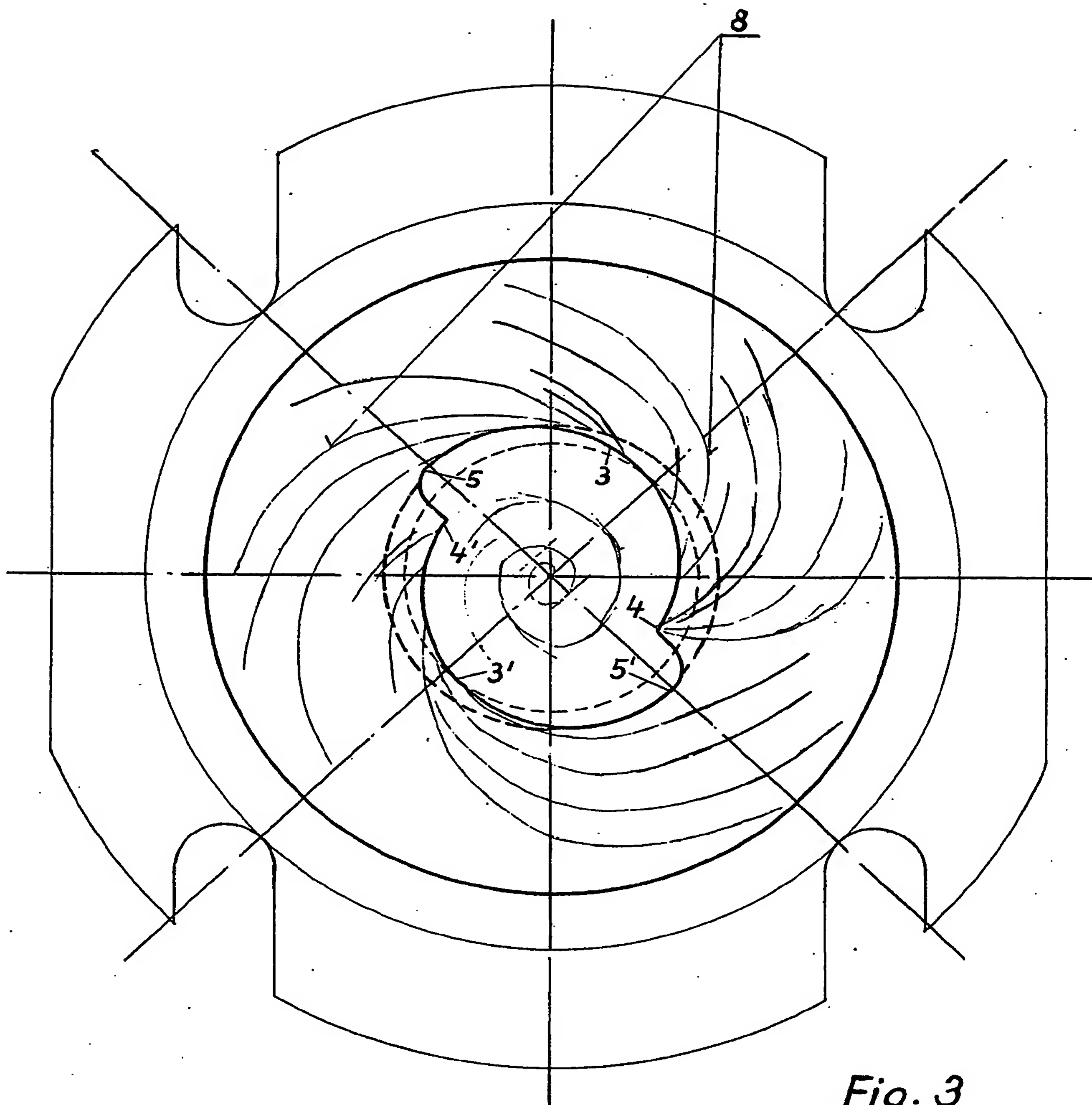


Fig. 3

